

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/168067 A1

(51) 国際特許分類:

G01N 21/95 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/040736

(22) 国際出願日: 2017年11月13日(13.11.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2017-047284 2017年3月13日(13.03.2017) JP

(71) 出願人: 株式会社 S C R E E N ホールディングス(SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 作 山 努 (SAKUYAMA, Tsutomu); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N ホールディングス内 Kyoto (JP).

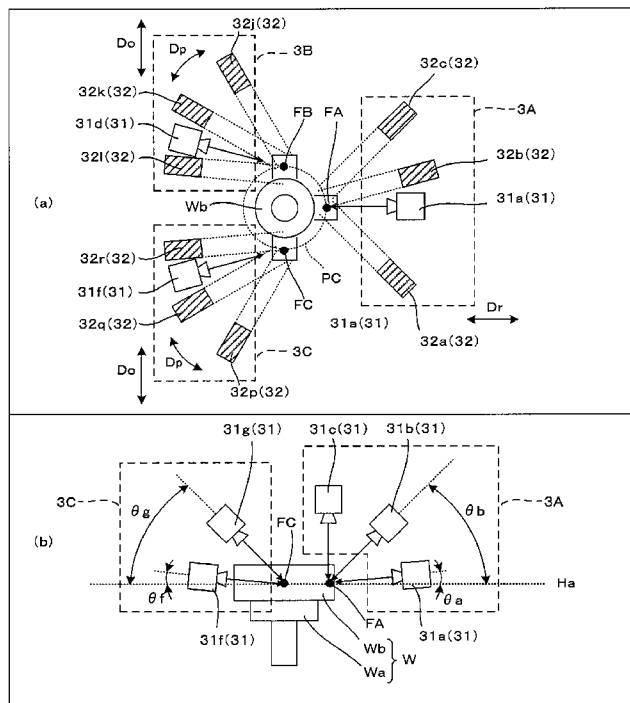
内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N ホールディングス内 Kyoto (JP). 大槻 祥平(OTSUKI, Shohei); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N ホールディングス内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 振角 正一, 外(FURIKADO, Shoichi et al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満5丁目1番19号 高木ビル4階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: INSPECTION DEVICE AND INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 検査装置および検査方法



(57) Abstract: Provided is an inspection technique with which it is possible to inspect, with high accuracy, a workpiece having an outer peripheral part in which protrusions and recesses are provided periodically and repeatedly in a rotationally symmetric shape about a symmetry axis. The invention comprises: a holding table that, while holding a workpiece, rotates the workpiece about a rotation axis in a state where the symmetry axis is matched with the rotation axis; a tip-end image-capturing mechanism that captures an image of a tip end of a protrusion on the rotating workpiece; an upstream image-capturing mechanism that captures an image of an upstream wall surface that connects from a bottom part of a recess adjacent to said protrusion on the upstream side in the rotating direction of the workpiece to the tip end of said protrusion; a downstream image-capturing mechanism that captures an image of a downstream wall surface that connects from a bottom part of a recess adjacent to said protrusion on the downstream side in the rotating direction to the tip end of said protrusion; and an inspection unit that inspects the workpiece on the basis of the images captured by the tip end image-capturing mechanism, the upstream image-capturing mechanism, and the downstream image-capturing mechanism.

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを高精度に検査することができる検査技術を提供する。ワークを保持しながら対称軸を回転軸と一致させた状態で回転軸まわりにワークを回転させる保持テーブルと、回転しているワークの凸部の先端を撮像する先端撮像機構と、ワークの回転方向において凸部の上流側に隣接する凹部の底部から凸部の先端に繋がる上流壁面を撮像する上流撮像機構と、回転方向において凸部の下流側に隣接する凹部の底部から凸部の先端に繋がる下流壁面を撮像する下流撮像機構と、先端撮像機構、上流撮像機構および下流撮像機構により撮像される画像に基づいてワークを検査する検査部と、を備えている。

明 細 書

発明の名称： 検査装置および検査方法

技術分野

[0001] この発明は、対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを検査する検査装置および検査方法に関するものである。

関連出願の相互参照

以下に示す日本出願の明細書、図面および特許請求の範囲における開示内容は、参照によりその全内容が本書に組み入れられる：

特願 2017-47284（2017年3月13日出願）。

背景技術

[0002] 対称軸のまわりに回転対称なワークの外観を検査する装置として、例えば特許文献1に記載されたワーク検査装置が知られている。このワーク検査装置では、モータに連結されたホルダ部によりワークが保持される。そして、上記モータによりワークを回転させながら当該ワークを複数台のカメラで撮像し、それらのカメラにより取得した画像に基づいてワークの外観を検査する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-63268号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の装置は、歯車をワークとするものであり、歯車に傷や欠陥などが存在していないかを検査する。この装置では、ワークの径方向外側より歯面を撮影するための歯面撮影用カメラと、ワークの径方向外側より歯先を撮影するための歯先撮影用カメラと、ワークの鉛直上方から歯先を撮影するための端面撮影用カメラとの合計3台のカメラが設けられている。こ

これらのカメラのうち歯面撮影用カメラとしては、いわゆるエリアカメラが使用されており、少なくとも2カ所以上の歯部が含まれる画像を撮像するようにカメラ設置及びカメラ設定（レンズの選択、倍率等）がなされている。

[0005] 歯車の歯部では、歯車の回転方向において2つの歯面が形成されている。そのうちの一方は歯末の先端（歯先）から回転方向の上流側の歯元に向かって形成された歯面（以下「上流側歯面」という）であり、他方は回転方向の下流側の歯元に向かって形成された歯面（以下「下流側歯面」という）である。上記特許文献1に記載の装置では、歯面撮影用カメラは、歯末および歯元のみならず、上流側歯面および下流側歯面を一括して撮像しており、当該撮像によって歯部の表面全体を示す画像を取得している。このため、上流側歯面や下流側歯面の検査を精密に行うために必要な情報を得ることが難しいことがある。また、歯車の形状や種類によっては上流側歯面および下流側歯面を撮像するのが困難となることもある。このような問題は、歯車と同様な特徴を有するワーク、つまり対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを特許文献1に記載の装置により検査する場合にも発生する。

[0006] この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを高精度に検査することができる検査技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] この発明の一態様は、対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを検査する検査装置であって、ワークを保持しながら対称軸を回転軸と一致させた状態で回転軸まわりにワークを回転させる保持テーブルと、回転しているワークの凸部の先端を撮像する先端撮像機構と、ワークの回転方向において凸部の上流側に隣接する凹部の底部から凸部の先端に繋がる上流壁面を撮像する上流撮像機構と、回転方向において凸部の下流側に隣接する凹部の底部から凸部の先端に繋がる下流壁面を撮像する下流撮像機構と、先端撮像機構、上流撮像機構およ

び下流撮像機構により撮像された画像に基づいてワークを検査する検査部と、を備えることを特徴としている。

[0008] また、この発明の他の態様は、対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを検査する検査方法であって、ワークを保持しながら対称軸を回転軸と一致させた状態で回転軸まわりにワークを回転させながら、ワークの凸部の先端を先端撮像機構により撮像して先端画像を取得し、ワークの回転方向において凸部の上流側に隣接する凹部の底部から凸部の先端に繋がる上流壁面を上流撮像機構により撮像して上流壁面画像を取得し、回転方向において凸部の下流側に隣接する凹部の底部から凸部の先端に繋がる下流壁面を下流撮像機構により撮像して下流壁面画像を取得する工程と、先端画像、上流壁面画像および下流壁面画像に基づいてワークを検査する工程とを備えることを特徴としている。

[0009] このように構成された発明では、ワークの凸部の先端、上流壁面および下流壁面を撮像するために専用の先端撮像機構、上流撮像機構および下流撮像機構がそれぞれ設けられ、先端画像、上流壁面画像および下流壁面画像が個別に取得される。そして、これらの画像に基づいてワークが検査される。

発明の効果

[0010] 以上のように、本発明によれば、ワークの凸部の先端、上流壁面および下流壁面をそれぞれ先端撮像機構、上流撮像機構および下流撮像機構により撮像して取得される画像に基づいてワークの検査を行うため、種々のワークを高精度に検査することができる。

[0011] 上述した本発明の各態様の有する複数の構成要素はすべてが必須のものではなく、上述の課題の一部又は全部を解決するため、あるいは、本明細書に記載された効果の一部又は全部を達成するために、適宜、前記複数の構成要素の一部の構成要素について、その変更、削除、新たな他の構成要素との差し替え、限定内容の一部削除を行うことが可能である。また、上述の課題の一部又は全部を解決するため、あるいは、本明細書に記載された効果の一部又は全部を達成するために、上述した本発明の一態様に含まれる技術的特徴

の一部又は全部を上述した本発明の他の態様に含まれる技術的特徴の一部又は全部と組み合わせて、本発明の独立した一形態とすることも可能である。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明に係る検査装置の第1実施形態の全体構成を示す図である。
- [図2]図1に示す検査装置の電氣的構成を示すブロック図である。
- [図3]ワーク保持ユニットの構成を示す斜視図である。
- [図4]撮像ユニットの先端撮像機構の構成を示す図である。
- [図5]撮像ユニットの上流撮像機構の構成を示す図である。
- [図6]歯車に対する検査カメラおよび検査照明部の配設関係を模式的に示す図である。
- [図7]歯車に対する検査カメラの撮影方向を示す図である。
- [図8]図1に示す検査装置によるワークの検査動作を示すフローチャートである。
- [図9]検査動作を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

- [0013] 図1は、本発明に係る検査装置の第1実施形態の全体構成を示す図である。また、図2は、図1に示す検査装置の電氣的構成を示すブロック図である。この検査装置100は、歯車や羽根車などのように対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークWの外観を検査する装置であり、ローディングユニット1、ワーク保持ユニット2、撮像ユニット3、アンローディングユニット4および制御ユニット5を有している。なお、ここでは、ワークWは図1に示すように軸部Waの上部に歯車Wbを設けた機械部品であり、例えば鍛造や鑄造処理によって形成される。そして、部品製造後に当該ワークWは外部搬送ロボットあるいはオペレータによってローディングユニット1に搬送される。

- [0014] ローディングユニット1には、テーブルやストッカーなどのワーク収容部（図示省略）が設けられている。そして、外部搬送ロボットなどによりワークWがワーク収容部に一時的に収容されると、ワーク収容部に設けられたワ

ーク検出センサ 11（図 2）がワーク W を検出し、その旨の信号を装置全体を制御する制御ユニット 5 に送信する。また、ローディングユニット 1 には、ローダ 12（図 2）が設けられており、制御ユニット 5 からの動作指令に応じてワーク収容部に収容されている未検査のワーク W を受け取り、ワーク保持ユニット 2 に搬送する。

[0015] 図 3 はワーク保持ユニットの構成を示す斜視図である。ワーク保持ユニット 2 は、ローダ 12 により搬送されてきたワーク W を保持する保持テーブル 21A、21B を装備している。これらの保持テーブル 21A、21B はともに同一構成を有し、歯車 Wb が水平状態となる姿勢でワーク W の軸部 Wa の一部を把持して保持可能となっている。以下、図 3 を参照しつつ保持テーブル 21A の構成について説明する一方、保持テーブル 21B は保持テーブル 21A と同一構成であるため、保持テーブル 21B については同一符号を付して説明を省略する。

[0016] 保持テーブル 21A では、図 3 に示すように、チャック機構 22、水平位置決め機構 23、回転機構 24 および鉛直位置決め機構 25 が鉛直方向に積層配置されている。チャック機構 22 は、側面視で略 L 字状の可動部材 221～223 と、制御ユニット 5 からの移動指令に応じて可動部材 221～223 を放射状に連動して移動させる移動部 224 とを有している。各可動部材 221～223 の上端面には突起部材 225 が突設されており、上端面と突起部材 225 とで軸部 Wa の段差部位と係合可能となっている。このため、制御ユニット 5 からの把持指令に応じて移動部 224 が可動部材 221～223 を互いに近接移動させることでチャック機構 22 の中心軸（図 9 中の符号 AX2）と軸部 Wa の軸芯とを一致させながらワーク W を保持することができる。一方、制御ユニット 5 からの解放指令に応じて移動部 224 が可動部材 221～223 を互いに離間移動させることで、ローディングユニット 1 による未検査ワーク W のローディングやアンローディングユニット 4 による検査済ワーク W のアンローディングを行うことが可能となる。

[0017] このように構成されたチャック機構 22 は水平位置決め機構 23 に支持さ

れている。水平位置決め機構 23 は水平方向において互いに直交する方向に移動させる、いわゆる X Y テーブルを有している。このため、制御ユニット 5 からの移動指令に応じて X Y テーブルが駆動されてチャック機構 22 を水平面で高精度に位置決めすることが可能となっている。なお、X Y テーブルとしては、モータとボールネジ機構とを組み合わせたものや、水平方向において互いに直交する 2 つのリニアモータを組み合わせたものなどを用いることができる。

[0018] 回転機構 24 はモータ 241 を有している。モータ 241 の回転シャフト（図 9 中の符号 242）が鉛直上方に延設されており、その上端部に水平位置決め機構 23 が連結されている。このため、制御ユニット 5 から回転指令が与えられると、モータ 241 が作動してモータ 241 の回転軸（図 9 中の符号 A X 3）まわりに水平位置決め機構 23、チャック機構 22、ならびにチャック機構 22 により把持されたワーク W を一体的に回転させる。

[0019] ここで、本実施形態では、チャック機構 22 と回転機構 24 との間に水平位置決め機構 23 を設けているが、その技術的意義はチャック機構 22 の中心軸、チャック機構 22 に把持されたワーク W の歯車 W b の対称軸（図 9 中の符号 A X 4）およびモータ 241 の回転軸の相対的な位置関係を水平位置決め機構 23 によって調整可能とする点にある。すなわち、チャック機構 22 の中心軸とモータ 241 の回転軸とを一致させておくことで、チャック機構 22 で把持したワーク W を軸部 W a まわりに回転させることができる。しかしながら、歯車 W b の対称軸が軸部 W a から外れている場合には、モータ 241 に対して芯ズレが発生しており、歯車 W b は偏心して回転してしまう。そこで、水平位置決め機構 23 を設け、ズレ量とズレ方向を補正するように駆動させることで歯車 W b の対称軸とモータ 241 の回転軸とを一致させることが可能となる。これによって、撮像ユニット 3 による歯車 W b の画像を高精度に撮像することが可能となり、ワーク W の検査精度を向上させることができる。

[0020] 鉛直位置決め機構 25 は、モータ 241 を保持する保持プレート 251 と

、モータ241の下方位置に配置されたベースプレート252と、保持プレート251およびベースプレート252を連結する4本の連結ピン253と、ベースプレート252を鉛直方向に昇降させる昇降部254とを有している。昇降部254は制御ユニット5からの昇降指令に応じてベースプレート252を昇降させることで鉛直方向において回転機構24、水平位置決め機構23およびチャック機構22を一体的に移動させ、次に説明するプリアライメント位置PAおよび検査位置PIにおいてワークWの高さ位置を適正化することができる。

[0021] このように構成された保持テーブル21A、21Bは、図3に示すように、支持プレート261上に一定距離だけ離間して固定されている。また、保持テーブル21A、21Bの中間位置で支持プレート261が回転駆動部262に支持されている。この回転駆動部262は制御ユニット5からの旋回指令に応じて鉛直方向に延びる旋回軸AX1まわりに支持プレート261を180°旋回可能となっており、図3に示すように保持テーブル21A、21Bがそれぞれプリアライメント位置PAおよび検査位置PIに位置する第1ポジションと、保持テーブル21A、21Bがそれぞれ検査位置PIおよびプリアライメント位置PAに位置する第2ポジションとの間で切替可能となっている。例えばプリアライメント位置PAに位置する保持テーブル21Aに保持されたワークWに対してプリアライメント処理を施すのと並行して、回転駆動部262によって第1ポジションから第2ポジションに切り替えることで保持テーブル21Aがプリアライメント位置PAから検査位置PIにシフトし、プリアライメント処理済のワークWを検査位置PIに位置決めすることができる。また、当該ワークWの検査を終了した後、逆方向に旋回することで保持テーブル21Aが検査位置PIからプリアライメント位置PAにシフトし、検査処理済のワークWをプリアライメント位置PAに位置決めすることができる。このように本実施形態では、支持プレート261および回転駆動部262によりワークWの位置を切り替えるポジション切替機構26が構成されている。

[0022] プリアライメント位置P Aは上記したようにプリアライメント処理を行う位置であり、プリアライメント位置P Aに位置決めされた保持テーブル2 1 A（または2 1 B）の上方にアライメントカメラ2 7が配置されている。このアライメントカメラ2 7は図3に示すようにワークWに対してモータ2 4 1の反対側、つまりワークWの上方側に配置されており、ワークWの対称軸A X 4に対して径方向外側に延設されたラインセンサ2 7 1を有している。このため、ワークWを回転させながら当該ラインセンサ2 7 1によりワークWの上面を撮像可能となっており、ワークWを少なくとも1周回転させることで歯車W bの外周部に形成される凸部（歯末）および凹部（歯元）の全てを含む画像が得られる。

[0023] また、図3への図示を省略しているが、当該保持テーブル2 1 A（または2 1 B）に保持されたワークWを照明してアライメント処理を良好に行うためのアライメント照明部2 8（図2）が設けられている。このため、回転機構2 4によりワークWを回転させるとともに、アライメント照明部2 8によりワークWを照明しながらアライメントカメラ2 7によりワークWを撮像することができる。そして、ワークWの画像データが制御ユニット5に送られ、芯ズレを補正して歯車W bの対称軸とモータ2 4 1の回転軸とを一致させる、つまりプリアライメント処理が実行される。

[0024] 一方、検査位置P Iは検査処理を行う位置であり、検査位置P Iに位置決めされた保持テーブル2 1 A（または2 1 B）の上方に撮像ユニット3が配置されている。この検査位置P Iでは、歯車W bの対称軸とモータ2 4 1の回転軸とが一致した状態でワークWを回転させながらワークWを撮像ユニット3によって撮像することができる。そして、ワークWの画像データが制御ユニット5に送られ、歯車W bにおける傷や欠陥などの有無を検査する検査処理が実行される。

[0025] この撮像ユニット3は、図2に示すように、複数の検査カメラ3 1と複数の検査照明部3 2とを有している。この撮像ユニット3では、検査位置P Iに位置決めされた保持テーブル2 1 A（または2 1 B）に保持されるワーク

Wを種々の方向から照明するように複数の検査照明部32が配置されている。そして、回転機構24によりワークWを回転させるとともに、検査照明部32によりワークWを照明しながら複数の検査カメラ31によりワークWを種々の方向から撮像することが可能となっている。これら複数の画像データが制御ユニット5に送られ、制御ユニット5によりワークWの検査が実行される。

[0026] こうして検査されたワークWを保持する保持テーブル21A（または21B）は上記したようにポジション切替機構26により検査位置P1からプライメント位置PAにシフトされる。そして、アンローディングユニット4により保持テーブル21A（または21B）から検査済のワークWが搬出される。なお、アンローディングユニット4は基本的にローディングユニット1と同一である。つまり、アンローディングユニット4は、検査済のワークWを一時的に收容するワーク收容部（図示省略）、ワーク検出センサ41（図2）およびアンローダ42（図2）を有しており、制御ユニット5からの動作指令に応じて検査済のワークWを保持テーブル21A（または21B）からワーク收容部に搬送する。

[0027] 制御ユニット5は、図2に示すように、論理演算を実行する周知のCPU（Central Processing Unit）、初期設定等を記憶しているROM（Read Only Memory）、装置動作中の様々なデータを一時的に記憶するRAM（Random Access Memory）等から構成されている。制御ユニット5は、機能的には、演算処理部51、メモリ52、駆動制御部53、外部入出力部54、画像処理部55および照明制御部56を備えている。

[0028] 上記駆動制御部53は、装置各部に設けられた駆動機構、例えばローダ12、チャック機構22などの駆動を制御する。外部入出力部54は、装置各部に装備されている各種センサ類からの信号を入力する一方、装置各部に装備されている各種アクチュエータ等に対して信号を出力する。画像処理部55は、アライメントカメラ27および検査カメラ31から画像データを取り込み、2値化等の画像処理を行う。照明制御部56はアライメント照明部2

8 および検査照明部 3 2 の点灯および消灯等を制御する。

[0029] 上記演算処理部 5 1 は、演算機能を有するものであり、上記メモリ 5 2 に記憶されているプログラムに従って駆動制御部 5 3、画像処理部 5 5、照明制御部 5 6 などを制御することで次に説明する一連の処理を実行する。

[0030] なお、図 2 中の符号 6 はオペレータとのインターフェースとして機能する表示ユニットであり、制御ユニット 5 と接続され、検査装置 1 0 0 の動作状態を表示する機能のほか、タッチパネルで構成されてオペレータからの入力を受け付ける入力端末としての機能も有する。また、この構成に限定されるものではなく、動作状態を表示するための表示装置と、キーボードやマウス等の入力端末を採用しても良い。

[0031] 次に、図 1、図 4 ないし図 7 を参照しつつ撮像ユニット 3 の構成および動作について説明する。図 4 は撮像ユニットの先端撮像機構の構成を示す図である。図 5 は撮像ユニットの上流撮像機構の構成を示す図である。図 6 は歯車に対する検査カメラおよび検査照明部の配設関係を模式的に示す図である。図 7 は歯車に対する検査カメラの撮影方向を示す図である。撮像ユニット 3 は、図 1 に示すように、先端撮像機構 3 A、上流撮像機構 3 B および下流撮像機構 3 C を有しており、保持テーブル 2 1 A（または 2 1 B）に保持されながら所定の回転方向 D_w に回転するワーク W の歯車 W_b の各部位を撮像可能となっている。

[0032] 先端撮像機構 3 A は、9 個の検査照明部 3 2 で所定の照明領域を多方向からスポット状に照明するとともに、ワーク W の歯車 W_b の歯部のうち上記照明領域に位置する歯部の先端部、つまり歯末 $W_b 1$ （図 7 参照）を 3 個の検査カメラ 3 1 により多方向から撮像して歯末 $W_b 1$ の画像（以下「先端画像」という）の画像データを制御ユニット 5 に送る。より詳しくは、図 4 に示すように、先端撮像機構 3 A では撮像ユニット 3 の本体部（図示省略）に対してベース部 3 3 が固定配置されるとともに、当該ベース部 3 3 に対して支持プレート 3 4 が歯車 W_b の径方向と平行な移動方向 D_r に移動自在に設けられている。つまり、ベース部 3 3 には 2 本のガイドレール（図示省略）が

移動方向D_rに延設されるとともにガイドレールにスライダ（図示省略）が移動方向D_rに移動自在に取り付けられている。そして、スライダ上に支持プレート34が固定されている。また、支持プレート34には、ベース部33に対して支持プレート34を移動方向D_rに移動させて位置決めする機能を有する先端駆動部35が接続されている。このため、制御ユニット5からの指令にしたがって先端駆動部35が支持プレート34を移動方向D_rに移動させると、次に説明するようにブラケットや取付アームなどを介して支持プレート34に取り付けられた検査カメラ31および検査照明部32が一体的に移動方向D_rに移動する。これによって、先端撮像機構3Aでの照明位置および撮像位置をワークWの種類に応じて調整可能となっている。

[0033] 先端撮像機構3Aでは、歯車W_bの歯末W_{b1}を径方向外側の多方向から撮像するために、3つの検査カメラ31が回転機構24の回転軸（図9中の符号A×3）の軸方向において互いに異なる位置に配置され、図7に示すように撮像方向D_a～D_cがそれぞれ相違している。なお、先端撮像機構3Aでの検査カメラ31を区別して説明するために、以下においては適宜、図6および図7に示すように、撮像方向D_aが水平方向H_aに対し、角度θ_a（例えば5°）だけ傾斜している検査カメラ31を「検査カメラ31a」と称し、角度θ_b（例えば45°）だけ傾斜している検査カメラ31を「検査カメラ31b」と称し、ほぼ直交している検査カメラ31を「検査カメラ31c」と称する。

[0034] このように検査カメラ31a～31cは互いに異なる撮像方向D_a～D_cを有するが、焦点位置F_Aは一致しており、しかも先端駆動部35により歯車W_bのピッチ円P_C上に位置するように移動方向D_rにおいて位置決めされる。したがって、歯車W_bの歯末W_{b1}を側方、斜方および上方の3方向から高精度に撮像可能となっている。

[0035] また、本実施形態では、上記焦点位置F_Aに位置する歯末W_{b1}を径方向外側より撮像するために、歯車W_bの歯末W_{b1}を径方向外側の多方向から照明している。より具体的には、検査照明部32を3つのグループ（側方照

明グループ、斜方照明グループおよび上方照明グループ）に分けるとともに、各グループにおいて検査照明部 3 2 を回転方向 D w に沿って所定の角度間隔だけ離間して配置している。なお、先端撮像機構 3 A での検査照明部 3 2 を区別して説明するために、以下においては適宜、側方照明グループに属する 3 つの検査照明部 3 2 をそれぞれ「検査照明部 3 2 a」、「検査照明部 3 2 b」、「検査照明部 3 2 c」と称し、斜方照明グループに属する 3 つの検査照明部 3 2 をそれぞれ「検査照明部 3 2 d」、「検査照明部 3 2 e」、「検査照明部 3 2 f」と称し、上方照明グループに属する 3 つの検査照明部 3 2 をそれぞれ「検査照明部 3 2 g」、「検査照明部 3 2 h」、「検査照明部 3 2 i」と称する。

[0036] 検査照明部 3 2 a ~ 3 2 i は制御ユニット 5 の照明制御部 5 6 によってそれぞれ独立して点灯および消灯可能となっているが、いずれの検査照明部 3 2 a ~ 3 2 i も図 6 の上欄に示すように、検査カメラ 3 1 a ~ 3 1 c の焦点位置 F A の近傍をスポット状に照明する。なお、本実施形態では、いずれの検査照明部 3 2 a ~ 3 2 i も検査カメラ 3 1 a ~ 3 1 c の光軸から外れて照明光を歯車 W b に照射しているが、一部の照明光が検査カメラ 3 1 a ~ 3 1 c の光軸と同軸で歯車 W b を照射されるように構成してもよい。この点については、次に説明する上流撮像機構 3 B および下流撮像機構 3 C においても同様である。

[0037] 上流撮像機構 3 B は回転方向 D w において歯末 W b 1 の上流側に隣接する歯元 W b 2（図 7 参照）の底部から当該歯末 W b 1 の先端（歯先）に繋がる上流壁面、つまり上流歯面 W b 3（図 7 参照）を撮像可能となっている。さらに、下流撮像機構 3 C は回転方向 D w において歯末 W b 1 の下流側に隣接する歯元 W b 4（図 7 参照）の底部から当該歯末 W b 1 の先端（歯先）に繋がる下流壁面、つまり下流歯面 W b 5（図 7 参照）を撮像可能となっている。上流撮像機構 3 B および下流撮像機構 3 C は、撮像対象が相違しているが、基本構成は同一であるため、以下において上流撮像機構 3 B の構成および動作について図面を参照しつつ詳述する一方、下流撮像機構 3 C については

同一または相当符号を付して構成の説明を省略する。

[0038] 上流撮像機構 3 B は図 6 に示すようにワーク W を挟んで先端撮像機構 3 A の反対側に配置されている。上流撮像機構 3 B では、図 5 に示すように、6 個の検査照明部 3 2 が設けられるとともに 2 個の検査カメラ 3 1 が設けられている。そして、検査照明部 3 2 で所定の照明領域を多方向からスポット状に照明するとともに、ワーク W の歯車 W b の歯部のうち上記照明領域に位置する歯部の上流歯面 W b 3 (図 7 参照) を 2 個の検査カメラ 3 1 により多方向から撮像して上流歯面 W b 3 の画像 (以下「上流歯面画像」という) の画像データを制御ユニット 5 に送る。

[0039] より詳しくは、図 5 に示すように、上流撮像機構 3 B では撮像ユニット 3 の本体部 (図示省略) に対してベース部 3 6 が固定配置されるとともに、当該ベース部 3 6 に対して可動プレート 3 7 が先端撮像機構 3 A での検査カメラ 3 1 a ~ 3 1 c および検査照明部 3 2 a ~ 3 2 i の移動方向 D r と直交する直交方向 D o に移動自在に設けられている。この可動プレート 3 7 は図 5 に示すように平面視で扇形状に仕上げられており、後で説明する焦点位置 F B を曲率中心とする湾曲形状を有している。そして、可動プレート 3 7 に対して支持プレート 3 8 が焦点位置 F B を回動中心として回動方向 D p に回動自在に設けられている。つまり、ベース部 3 6 には 2 本のガイドレール 3 6 1、3 6 2 が直交方向 D o に延設されるとともにガイドレール 3 6 1、3 6 2 にスライダ 3 6 3、3 6 4 がそれぞれ直交方向 D o に移動自在に取り付けられている。そして、スライダ 3 6 3、3 6 4 上に可動プレート 3 7 が固定されている。この可動プレート 3 7 上には焦点位置 F B を曲率中心とする湾曲形状のガイドレール 3 7 1、3 7 2 が設けられるとともに、ガイドレール 3 7 1、3 7 2 にスライダ (図示省略) がガイドレール 3 7 1、3 7 2 に沿って移動自在に取り付けられている。そして、スライダ上に支持プレート 3 8 が固定されている。したがって、支持プレート 3 8 は直交方向 D o に移動自在であるとともに焦点位置 F B を回動中心として回動自在となっている。

[0040] また、上流撮像機構 3 B では、ベース部 3 6 に対して可動プレート 3 7 を

直交方向D oに移動させる移動部39 aと、可動プレート37に対して支持プレート38を焦点位置F Bまわりに回動させる回動部39 bとを有する上流駆動部39が設けられている。このため、制御ユニット5からの指令にしたがって上流駆動部39が支持プレート38を直交方向D oに移動させ、また焦点位置F Bを回動中心として回動させると、次に説明するようにブラケットや取付アームなどを介して支持プレート38に取り付けられた検査カメラ31および検査照明部32が一体的に直交方向D oおよび回動方向D pに位置決めされる。これによって、上流撮像機構3Bでの照明位置および撮像位置をワークWの種類に応じて調整可能となっている。

[0041] 上流撮像機構3Bでは、図6に示すように、歯車W bの上流歯面W b 3をピッチ円P Cの接線方向外側の多方向から撮像するために、2つの検査カメラ31が回転機構24の回転軸（図9中の符号A X 3）の軸方向において互いに異なる位置に配置され、撮像方向D d、D eはそれぞれ相違している。なお、上流撮像機構3Bでの検査カメラ31を区別して説明するために、以下においては適宜、図6および図7に示すように、撮像方向D dが水平方向H bに対し、角度（例えば5°）だけ傾斜している検査カメラ31を「検査カメラ31 d」と称し、角度（例えば45°）だけ傾斜している検査カメラ31を「検査カメラ31 e」と称する。

[0042] このように検査カメラ31 d、31 eは互いに異なる撮像方向D d、D eを有するが、焦点位置F Bは一致しており、しかも上流駆動部39（＝移動部39 a＋回動部39 b）により歯車W bのピッチ円P C上に位置するように直交方向D oおよび回動方向D pにおいて位置決めされる。したがって、ピッチ円P Cの接線方向外側から上流歯面W b 3を側方および斜方の2方向から高精度に撮像可能となっている。

[0043] また、本実施形態では、上記焦点位置F Bに位置する上流歯面W b 3を接線方向外側より撮像するために、歯車W bの上流歯面W b 3を接線方向外側の多方向から照明している。より具体的には、検査照明部32を2つのグループ（側方照明グループおよび斜方照明グループ）に分けるとともに、各グ

ループにおいて検査照明部 3 2 を回転方向 D w に沿って所定の角度間隔だけ離間して配置している。なお、上流撮像機構 3 B での検査照明部 3 2 を区別して説明するために、以下においては適宜、側方照明グループに属する 3 つの検査照明部 3 2 をそれぞれ「検査照明部 3 2 j」、「検査照明部 3 2 k」、「検査照明部 3 2 l」と称し、斜方照明グループに属する 3 つの検査照明部 3 2 をそれぞれ「検査照明部 3 2 m」、「検査照明部 3 2 n」、「検査照明部 3 2 o」と称する。

[0044] 検査照明部 3 2 j ~ 3 2 o は制御ユニット 5 の照明制御部 5 6 によってそれぞれ独立して点灯および消灯可能となっているが、いずれの検査照明部 3 2 j ~ 3 2 o も図 6 の上欄に示すように、検査カメラ 3 1 d、3 1 e の焦点位置 F B の近傍をスポット状に照明する。なお、本実施形態では、いずれの検査照明部 3 2 j ~ 3 2 o も検査カメラ 3 1 d、3 1 e の光軸から外れて照明光を上流歯面 W b 3 に照射しているが、一部の照明光が検査カメラ 3 1 d、3 1 e の光軸と同軸で上流歯面 W b 3 を照射されるように構成してもよい。

[0045] 図 8 は図 1 に示す検査装置によるワークの検査動作を示すフローチャートである。また、図 9 は検査動作を模式的に示す図である。なお、図 9 においては、保持テーブル 2 1 A、2 1 B の動作を明確に区別するために、保持テーブル 2 1 B および当該保持テーブル 2 1 B により保持されるワーク W に対してドットを付している。

[0046] この検査装置 1 0 0 では、制御ユニット 5 のメモリ 5 2 に予め記憶された検査プログラムにしたがって演算処理部 5 1 が装置各部を制御して以下の動作を実行する。ここでは、1 つのワーク W に着目して当該ワーク W に対して実行される各種動作について図 8 および図 9 を参照しつつ説明する。制御ユニット 5 は、図 9 の (a) 欄に示すようにプリアライメント位置 P A に位置している保持テーブル 2 1 A にワーク W が存在せず、しかもワーク検出センサ 1 1 により未検査のワーク W がローディングユニット 1 のワーク収容部に収容されていることを確認すると、保持テーブル 2 1 A へのワーク W のローディングを開始する (ステップ S 1)。このローディング工程では、ローダ

１２がワーク収容部の未検査ワークWを把持し、ローディングユニット１から保持テーブル２１Ａに搬送する。なお、本実施形態では、ローディング工程および後の芯ズレの検出工程を円滑に行うために、保持テーブル２１ＡへのワークWの搬送前に、図９の（ａ）欄に示すように水平位置決め機構２３によりチャック機構２２の中心軸AX２とモータ２４１の回転軸AX３とを一致させるとともに、３本の可動部材２２１～２２３を互いに離間させてワークWの受け入れ準備を行っている。

[0047] ロータ１２によりワークWが保持テーブル２１Ａに搬送されてくると、チャック機構２２が上記したように３本の可動部材２２１～２２３を互いに近接移動させてワークWの軸部Waの一部を挟み込んでワークWを把持する。より詳しくは、ローディング動作中に、可動部材２２１～２２３は互いに近接移動し、可動部材２２１～２２３の各上端面と突起部材２２５とが軸部Waの段差部位に係合してチャック機構２２の中心軸AX２と軸部Waの軸芯とを一致させながらワークWを保持する（図９の（ｂ）欄参照）。こうして、ローディング工程が完了し、この完了時点では、モータ２４１の回転軸AX３、チャック機構２２の中心軸AX２および軸部Waの軸芯は一致している。しかしながら、鍛造や鋳造処理によって製造されたワークWでは、例えば図９の（ｂ）欄に示すように歯車Wbの対称軸AX４が軸部Waの軸芯から外れ、モータ２４１に対するワークWの芯ズレが発生していることがある。

[0048] そこで、本実施形態では、アライメント照明部２８（図２）により未検査ワークWを照明するとともに、保持テーブル２１Ａのモータ２４１により未検査ワークWを回転させながらアライメントカメラ２７により歯車Wbを撮像し、その画像データをメモリ５２に記憶する（ステップＳ２）。

[0049] この撮像完了後に、旋回駆動部２６２により第１ポジションから第２ポジションへの切替を行う。すなわち、旋回駆動部２６２が支持プレート２６１を旋回軸AX１まわりに１８０°旋回させ、これによって図９の（ｃ）欄に示すように未検査のワークWを保持する保持テーブル２１Ａがプリアライメ

ント位置 P A から検査位置 P I に移動するとともに昇降部 2 5 4 によってワーク W を撮像ユニット 3 により撮像可能な高さ位置に移動させる（ステップ S 3）。

[0050] また、本実施形態では、上記移動と並行して、メモリ 5 2 からワーク W の画像データを読み出し、回転機構 2 4 （モータ 2 4 1 ）に対するワーク W の芯ズレ（本実施形態では、ズレ量 Δ とズレ方向とを含む情報に相当）を検出し（ステップ S 4）、それに続いて保持テーブル 2 1 A における芯ズレ補正を行う（ステップ S 5）。この芯ズレ補正は上記ステップ S 4 で検出された芯ズレを解消するように水平位置決め機構 2 3 によりチャック機構 2 2 を移動させる。これによって、図 9 の（c）欄に示すように、保持テーブル 2 1 A が検査位置 P I に到達した時点あるいは到達前後で歯車 W b の対称軸とモータ 2 4 1 の回転軸とが一致し、直ちにワーク撮像工程（ステップ S 6）を開始することができる。

[0051] このステップ S 6 では、検査位置 P I に位置決めされた保持テーブル 2 1 A の回転機構 2 4 が作動し、ワーク回転を開始する。このとき、保持テーブル 2 1 A に保持されたワーク W は上記芯ズレ補正を受けた、いわゆる芯出し状態であり、対称軸 A X 4 まわりに回転する。また、その回転に対応して複数の検査照明部 3 2 が点灯して回転中のワーク W を複数の方向から照明する。なお、ここではワーク回転後に検査照明部 3 2 を点灯させているが、点灯タイミングはこれに限定されるものではなく、回転開始と同時、あるいは回転開始前に検査照明部 3 2 の点灯を開始してもよい。

[0052] こうしてワーク W の回転と照明とを行っている間に、複数の検査カメラ 3 1 がワーク W を種々の方向から撮像し、複数方向からのワーク W の画像の画像データを制御ユニット 5 に送信する。すなわち、先端撮像機構 3 A の検査カメラ 3 1 a ~ 3 1 c が歯車 W b の歯末 W b 1 を径方向外側の側方、斜方および上方の 3 方向から撮像する。また、上流撮像機構 3 B の検査カメラ 3 1 d、3 1 e がピッチ円 P C の接線方向外側から側方および斜方の 2 方向から上流歯面 W b 3 を撮像する。さらに、下流撮像機構 3 C の検査カメラ 3 1 f

、31gがピッチ円PCの接線方向外側から側方および斜方の2方向から下流歯面Wb5を撮像する。こうして、ワークWの画像として、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像が多角的に取得され、それらの画像データが制御ユニット6に送られる。一方、制御ユニット5では上記画像データをメモリ52に記憶し、以下のタイミングで当該画像データに基づいてワークWの検査を行う。

[0053] こうした画像取得後、保持テーブル21Aではワーク回転が停止され、撮像ユニット3では検査照明部32が消灯される。また、旋回駆動部262が支持プレート261を旋回軸AX1まわりに180°反転旋回させ、これによって保持テーブル21Aが検査済のワークWを保持したまま検査位置P1からプリアライメント位置PAに移動するとともに昇降部254によってワークWが元の高さ位置に移動する（ステップS7）。このワークWの移動と並行して、制御ユニット5はメモリ52から画像データを読み出し、ワーク画像（＝先端画像＋上流歯面画像＋下流歯面画像）に基づいて歯車Wbに傷や欠陥などが存在しているか否かを判定して保持テーブル21Aに保持されたワークWについてワーク検査を行う（ステップS8）。

[0054] プリアライメント位置PAに戻ってきたワークWはアンローダ42によって把持された後、可動部材221～223による把持の解除により保持テーブル21Aからアンローダ42に受け渡される。それに続いて、アンローダ42がワークWをアンローディングユニット4に搬送し、ワーク収容部（図示省略）に搬送する（ステップS9）。上記した一連の工程（ステップS1～S9）が保持テーブル21A、21Bにより交互に繰り返される。

[0055] 以上のように、本実施形態では、ワークWの歯末Wb1の先端（歯先）、上流歯面Wb3および下流歯面Wb5を撮像するために専用の先端撮像機構3A、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3Cをそれぞれ設け、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像を個別に取得している。したがって、上流歯面画像および下流歯面画像を単一のカメラで撮像していた従来技術では困難であったワークWについても上流歯面画像および下流歯面画像を確実に

取得することが可能となっている。また、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像を一括して単一のカメラで撮像していた従来技術に比べ、各画像を鮮明に撮像することが可能となっている。そして、これらの画像に基づいてワークWを検査しているため、種々のワークWを高精度に検査することができる。

[0056] また、上記実施形態では、撮像対象物ごとに撮像方向を相違させている。つまり、先端撮像機構3AについてはワークWの径方向外側より歯末Wb1の先端を撮像するように配置する一方、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3Cについてはピッチ円PCの接線方向外側より歯面Wb3、Wb5をそれぞれ撮像するように配置している。このため、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像を確実に撮像することができ、検査精度を高めることができる。

[0057] また、上記実施形態では、先端撮像機構3A、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3Cのいずれにおいても検査カメラ31の焦点位置をピッチ円PC上に位置させている。このため、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像を合焦状態で撮像することができ、検査精度を高めることができる。

[0058] また、上流撮像機構3Bは、焦点位置FBを回動中心としてワークWの回転方向Dwに沿って回動自在となっている。したがって、回動部39bにより上流撮像機構3Bを回動方向Dpに回動させることで撮像方向Df、Dgを歯面Wb3の面法線の向きに対応させることができる。その結果、上流撮像機構3Bにより上流歯面画像を常に適正な方向より撮像することができ、上流歯面画像を良好に撮像することができる。この点については、下流撮像機構3Cについても同様である。

[0059] また、先端撮像機構3A、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3Cのいずれにおいても複数の検査カメラ31を回転機構24の回転軸AX3の軸方向において互いに異なる位置に配置し、互いに異なる撮像方向からワークWを撮像している。このように多方向からワークWを撮像することで種々のワークWに対応することができ、検査装置100の汎用性を高めることができる。

る。

[0060] また、図6に示すように、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3CがワークWを挟んで先端撮像機構3Aの反対側に配置されているため、多数の検査カメラ31および検査照明部32を設置することができ、種々のワークWを高精度に検査することが可能となっている。

[0061] さらに、上記実施形態では、検査カメラ31a～31gはいずれも鉛直方向においてピッチ円PCよりも高い位置に配置され、しかも撮像方向Da～Dgはいずれも下方を向いている。つまり、検査カメラ31a～31gはいずれも受光面（図示省略）が下方を向いた状態で設置されている。このため、ほこりやゴミなどが受光面に付着するのを効果的に抑制することができ、ワークWの撮像を良好に行うことができるとともに高いメンテナンス性が得られる。

[0062] 上記したように、本実施形態では、歯車Wbの歯末Wb1、歯元Wb2、上流歯面Wb3、歯元Wb4および下流歯面Wb5がそれぞれ本発明の「凸部」、「凸部の上流側に隣接する凹部」、「上流壁面」、「凸部の下流側に隣接する凹部」および「下流壁面」の一例に相当し、上流歯面画像および下流歯面画像がそれぞれ本発明の「上流壁面画像」および「下流壁面画像」の一例に相当している。また、検査カメラ31a～31cが本発明の「先端撮像部」の一例に相当し、検査カメラ31d、31eが本発明の「上流撮像部」の一例に相当し、検査カメラ31f、31gが本発明の「下流撮像部」の一例に相当している。また、制御ユニット5の演算処理部51が本発明の「検査部」として機能している。また、ピッチ円PCが本発明の「上流側軌跡」および「下流側軌跡」の一例に相当し、焦点位置FB、FCがそれぞれ本発明の「上流焦点位置」および「下流焦点位置」の一例に相当している。

[0063] なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。例えば上記実施形態では、ワークWの回転により上流歯面Wb3が描く上流側軌跡としてピッチ円PCを用いているが、上流側軌跡についてはこ

れに限定されるものではなく、例えば上流歯面Wb3の任意の1点が描く軌跡を用いてもよい。この点については、下流側軌跡においても同様である。また、上記実施形態では、本発明の「上流側軌跡」および「下流側軌跡」としてピッチ円PCを共通して使用しているが、相互に異なるものを用いてもよいことは言うまでもない。

[0064] また、上記実施形態では、歯車Wbを有するワークWを検査対象としているが、ワークWの種類はこれに限定されるものではなく、本発明の「ワーク」には、対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワーク全般が含まれる。

[0065] また、上記実施形態では、3本の可動部材221～223によりワークWを保持するように構成しているが、ワークWの保持態様や保持方式は任意である。また、上記実施形態では、2つの保持テーブル21A、21Bを交互にプリアライメント位置PAに位置させて芯ズレを検出する検査装置100に本発明を適用しているが、単一あるいは3つ以上の保持テーブルを有する検査装置に対しても本発明を適用することができる。また、例えば検査カメラ31cをアライメントカメラとして兼用して検査位置で芯ズレを検出する装置に対しても本発明を適用することができる。

[0066] また、上記実施形態では、先端撮像機構3A、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3Cにおける検査カメラ31の設置台数は、それぞれ「3台」、「2台」および「2台」となっているが、各設置台数はこれに限定されるものではなく、それぞれ少なくとも1台以上設ければよい。また、この点については、検査照明部32の設置台数も検査カメラ31と同様に、先端撮像機構3A、上流撮像機構3Bおよび下流撮像機構3Cの各々に少なくとも1台以上設ければよい。

[0067] また、上記実施形態では、複数の検査照明部32を一括して点灯しているが、ワークWを複数回回転させるとともに1回転毎に点灯する検査照明部32を切り替えて撮像してもよく、これによって種々の照明条件で先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像を取得することができ、様々な外観上の欠

陥を強調して撮影することができる。

[0068] さらに、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像に基づく検査手法は従来より多用されているもの、例えば良品の画像を予めメモリ52に登録しておき、良品画像との比較により検査してもよい。また、先端画像、上流歯面画像および下流歯面画像に含まれる特徴量に基づく検査を行ったり、機械学習を用いてもよい。

[0069] 以上、特定の実施例に沿って発明を説明したが、この説明は限定的な意味で解釈されることを意図したものではない。発明の説明を参照すれば、本発明のその他の実施形態と同様に、開示された実施形態の様々な変形例が、この技術に精通した者に明らかとなるであろう。故に、添付の特許請求の範囲は、発明の真の範囲を逸脱しない範囲内で、当該変形例または実施形態を含むものと考えられる。

産業上の利用可能性

[0070] この発明は、対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを検査する検査技術全般に適用することができる。

符号の説明

[0071] 3A…先端撮像機構
3B…上流撮像機構
3C…下流撮像機構
5…制御ユニット（検査部）
21A, 21B…保持テーブル
31a～31c…検査カメラ（先端撮像部）
31d、31e…検査カメラ（上流撮像部）
31f、31g…検査カメラ（下流撮像部）
39b…回動部
51…演算処理部（検査部）
100…検査装置

A X 3 … (モータ 2 4 1 の) 回転軸

A X 4 … 対称軸

D w … (ワークの) 回転方向

F B … (上流) 焦点位置

F C … (下流) 焦点位置

P C … ピッチ円 (上流側軌跡、下流側軌跡)

W … ワーク

W b 1 … 歯末 (凸部)

W b 2、W b 4 … 歯元 (凹部)

W b 3 … 上流歯面 (上流壁面)

W b 5 … 下流歯面 (下流壁面)

請求の範囲

- [請求項1] 対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを検査する検査装置であって、
前記ワークを保持しながら前記対称軸を回転軸と一致させた状態で前記回転軸まわりに前記ワークを回転させる保持テーブルと、
回転している前記ワークの前記凸部の先端を撮像する先端撮像機構と、
前記ワークの回転方向において前記凸部の上流側に隣接する前記凹部の底部から前記凸部の先端に繋がる上流壁面を撮像する上流撮像機構と、
前記回転方向において前記凸部の下流側に隣接する前記凹部の底部から前記凸部の先端に繋がる下流壁面を撮像する下流撮像機構と、
前記先端撮像機構、前記上流撮像機構および前記下流撮像機構により撮像された画像に基づいて前記ワークを検査する検査部と、
を備えることを特徴とする検査装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の検査装置であって、
前記先端撮像機構は前記ワークの径方向外側より前記凸部の先端を撮像し、
前記上流撮像機構は、前記ワークの回転により前記上流壁面が描く上流側軌跡の接線方向外側より前記上流壁面を撮像し、
前記下流撮像機構は、前記ワークの回転により前記下流壁面が描く下流側軌跡の接線方向外側より前記下流壁面を撮像する検査装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の検査装置であって、
前記上流撮像機構は、前記上流側軌跡上に上流焦点位置を位置させて前記上流壁面を撮像する上流撮像部を有する検査装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の検査装置であって、
前記上流撮像機構は前記上流撮像部を複数個有し、
前記複数の上流撮像部は前記回転軸の軸方向において互いに異なる

位置に配置され、前記上流焦点位置に対して互いに異なる角度で撮像する検査装置。

[請求項5] 請求項3または4に記載の検査装置であって、
前記上流撮像機構は、前記上流焦点位置を回動中心として前記ワークの回転方向に沿って回動させる上流回動部を有する検査装置。

[請求項6] 請求項2ないし5のいずれか一項に記載の検査装置であって、
前記下流撮像機構は、前記下流側軌跡上に下流焦点位置を位置させて前記下流壁面を撮像する下流撮像部を有する検査装置。

[請求項7] 請求項6に記載の検査装置であって、
前記下流撮像機構は前記下流撮像部を複数個有し、
前記複数の下流撮像部は前記回転軸の軸方向において互いに異なる位置に配置され、前記下流焦点位置に対して互いに異なる角度で撮像する検査装置。

[請求項8] 請求項6または7に記載の検査装置であって、
前記下流撮像機構は、前記下流焦点位置を回動中心として前記ワークの回転方向に沿って回動させる下流回動部を有する検査装置。

[請求項9] 請求項2ないし8のいずれか一項に記載の検査装置であって、
前記先端撮像機構は、前記凸部の先端を撮像する先端撮像部を複数個有し、
前記複数の先端撮像部は前記回転軸の軸方向において互いに異なる位置に配置され、前記凸部の先端を互いに異なる角度で撮像する検査装置。

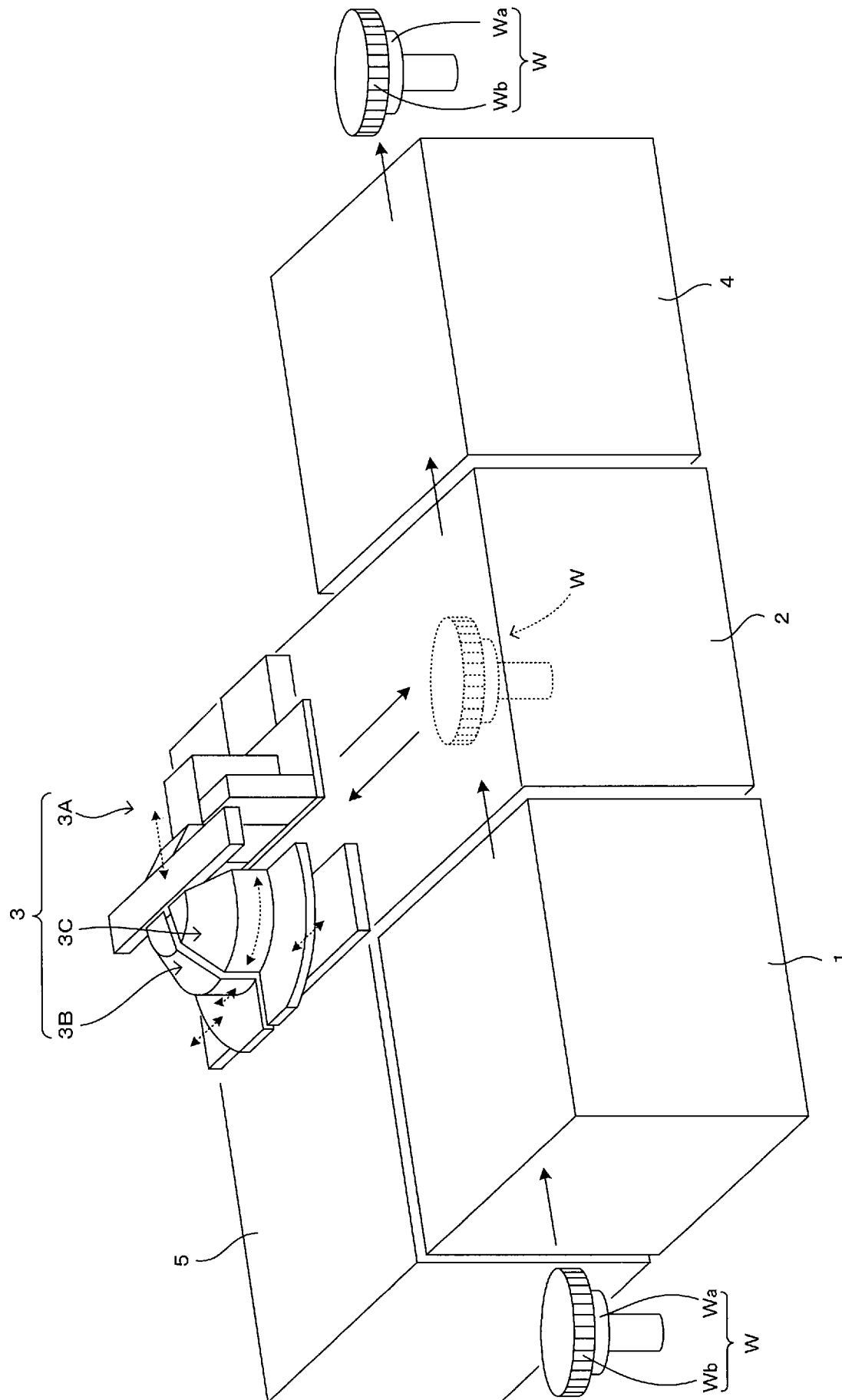
[請求項10] 請求項2ないし9のいずれか一項に記載の検査装置であって、
前記上流撮像機構および前記下流撮像機構は前記ワークを挟んで前記先端撮像機構の反対側に配置される検査装置。

[請求項11] 対称軸まわりに回転対称な形状で凸部と凹部とが周期的に繰り返して設けられた外周部を有するワークを検査する検査方法であって、
前記ワークを保持しながら前記対称軸を回転軸と一致させた状態で

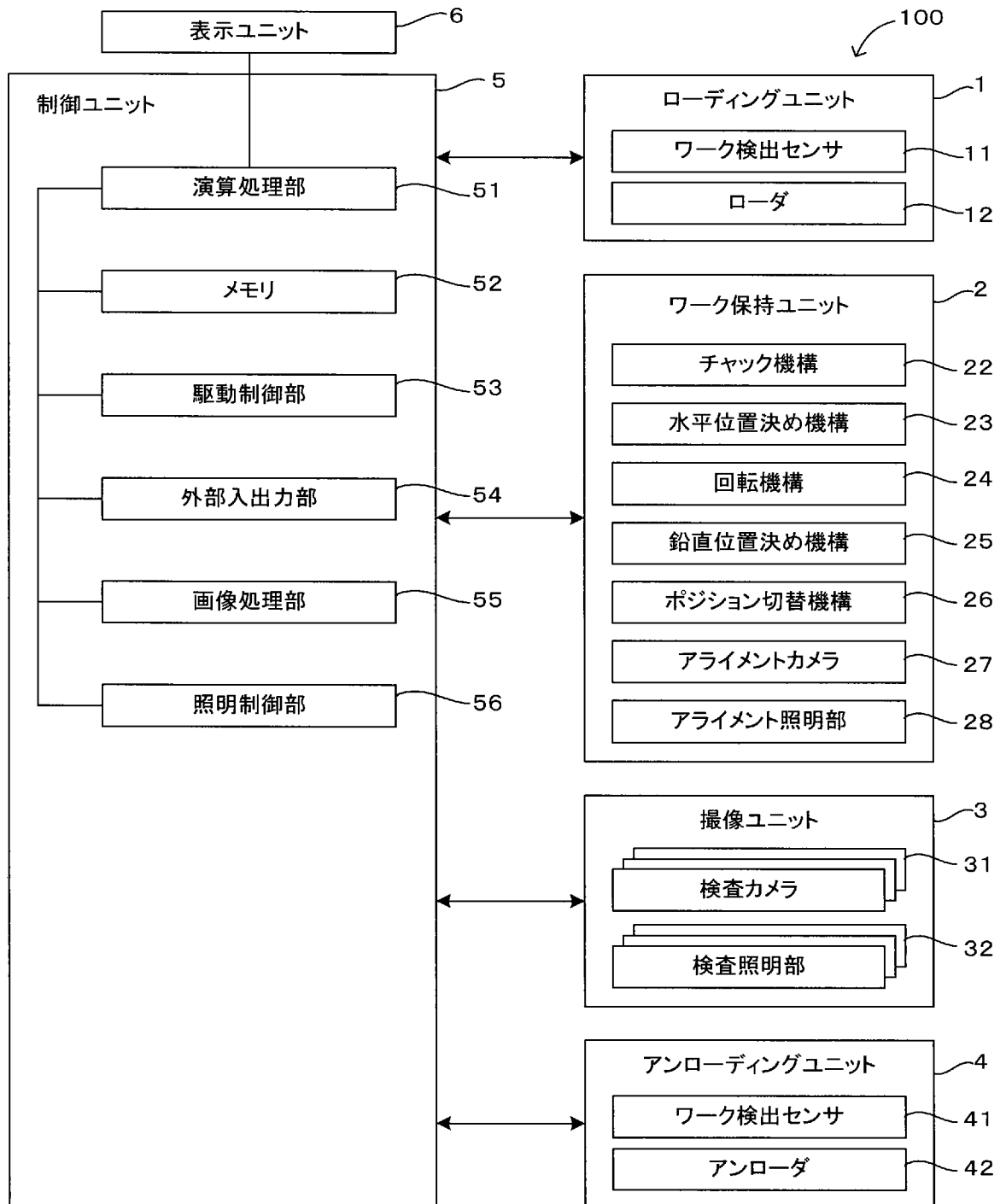
前記回転軸まわりに前記ワークを回転させながら、前記ワークの前記凸部の先端を先端撮像機構により撮像して先端画像を取得し、前記ワークの回転方向において前記凸部の上流側に隣接する前記凹部の底部から前記凸部の先端に繋がる上流壁面を上流撮像機構により撮像して上流壁面画像を取得し、前記回転方向において前記凸部の下流側に隣接する前記凹部の底部から前記凸部の先端に繋がる下流壁面を下流撮像機構により撮像して下流壁面画像を取得する工程と、

前記先端画像、前記上流壁面画像および前記下流壁面画像に基づいて前記ワークを検査する工程と
を備えることを特徴とする検査方法。

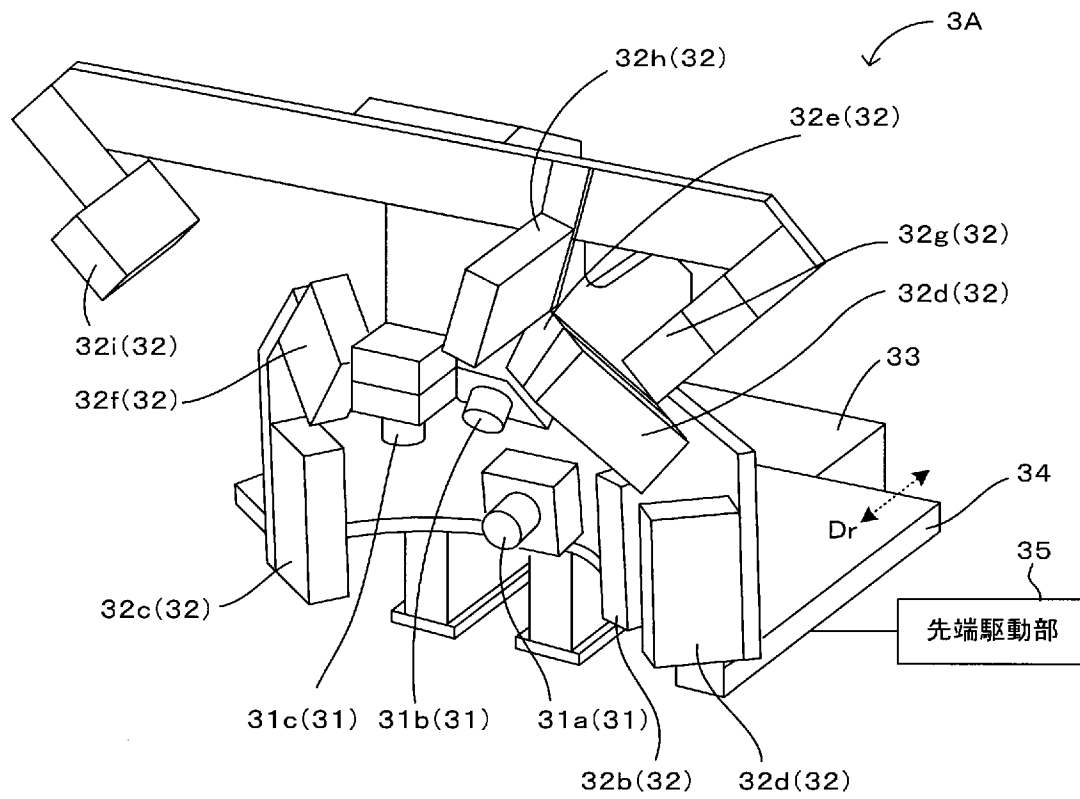
[図1]



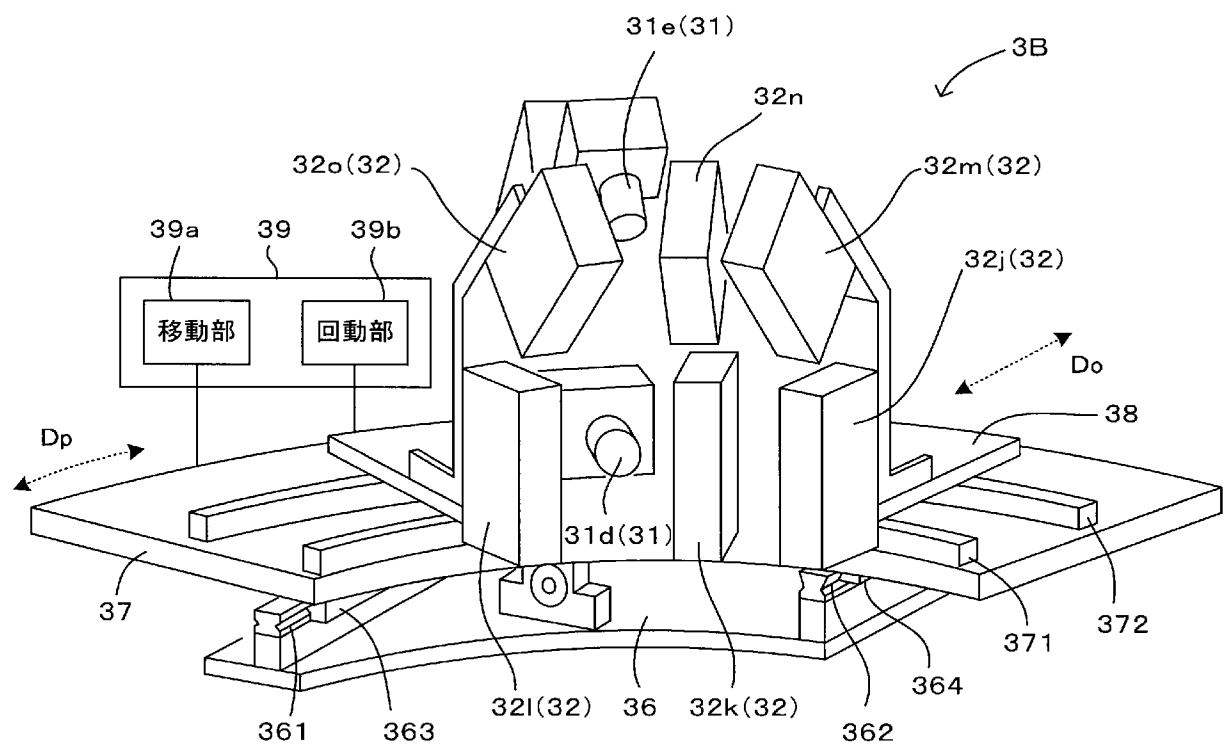
[図2]



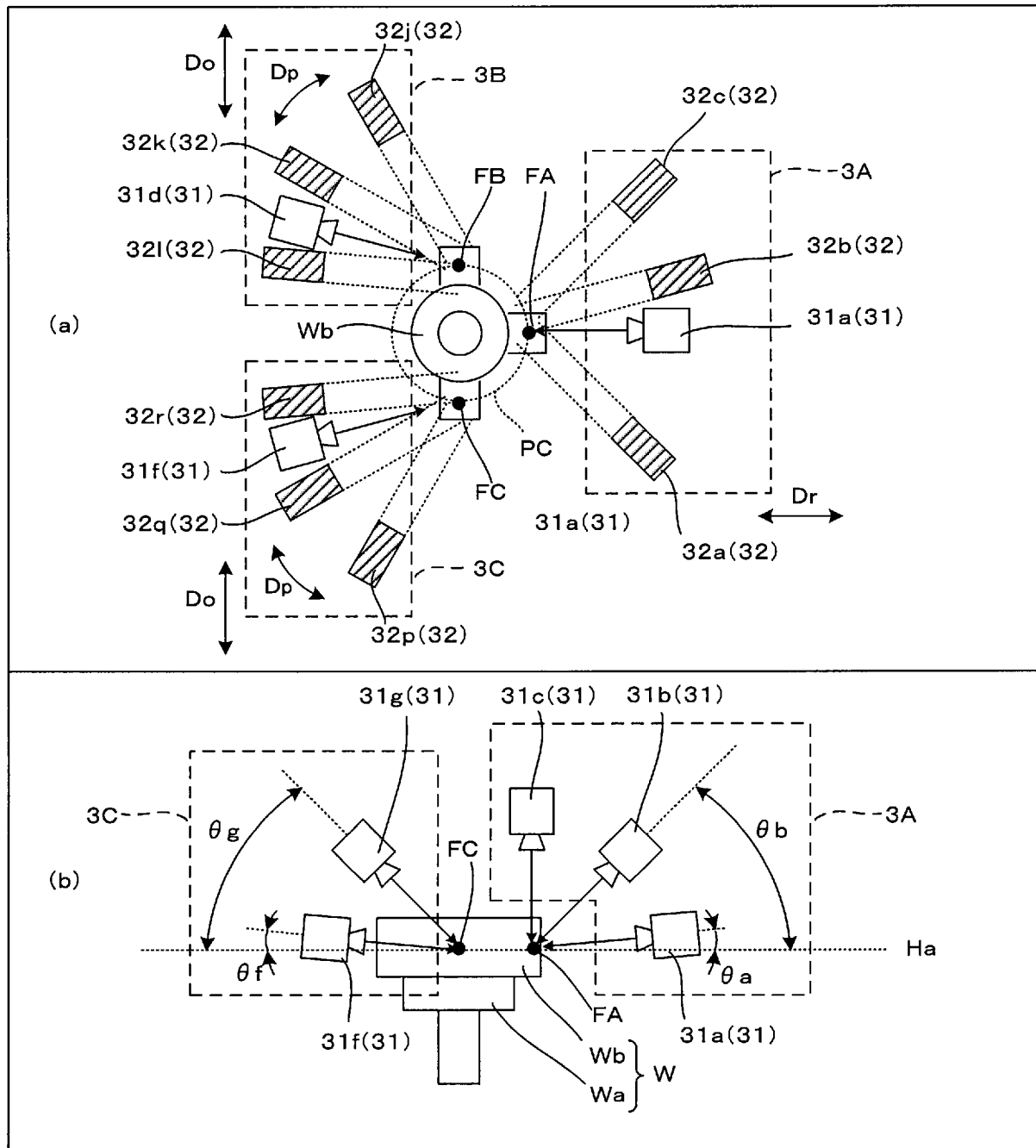
[図4]



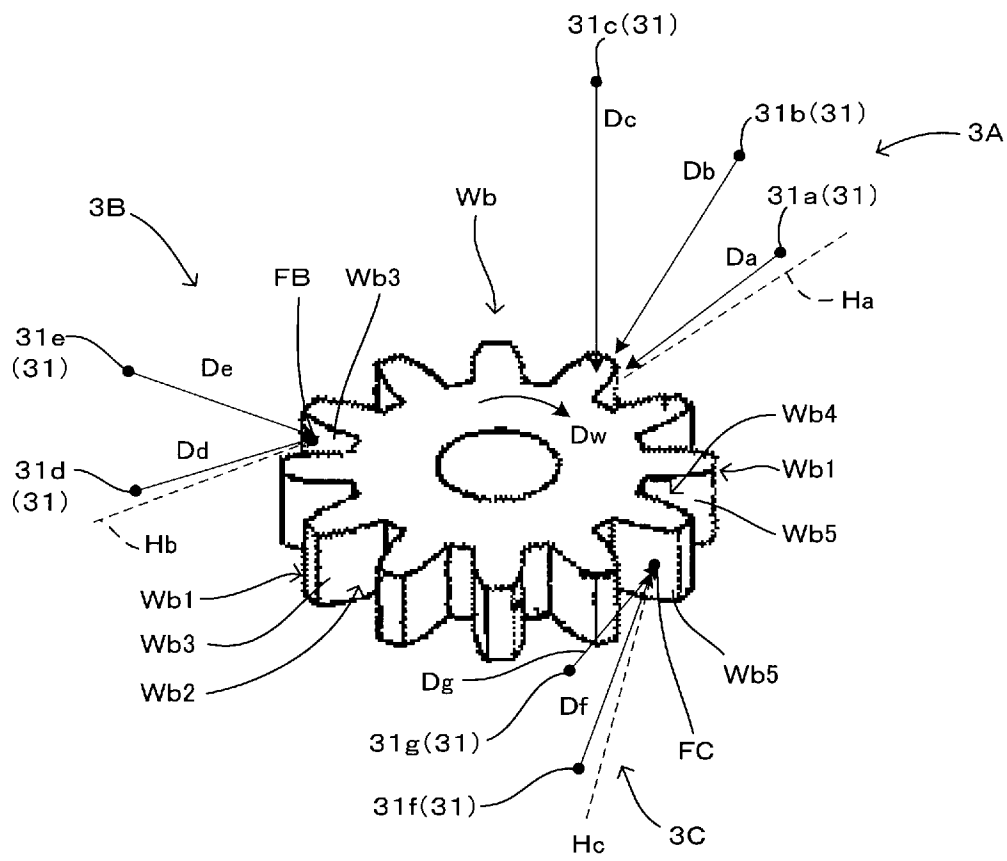
[図5]



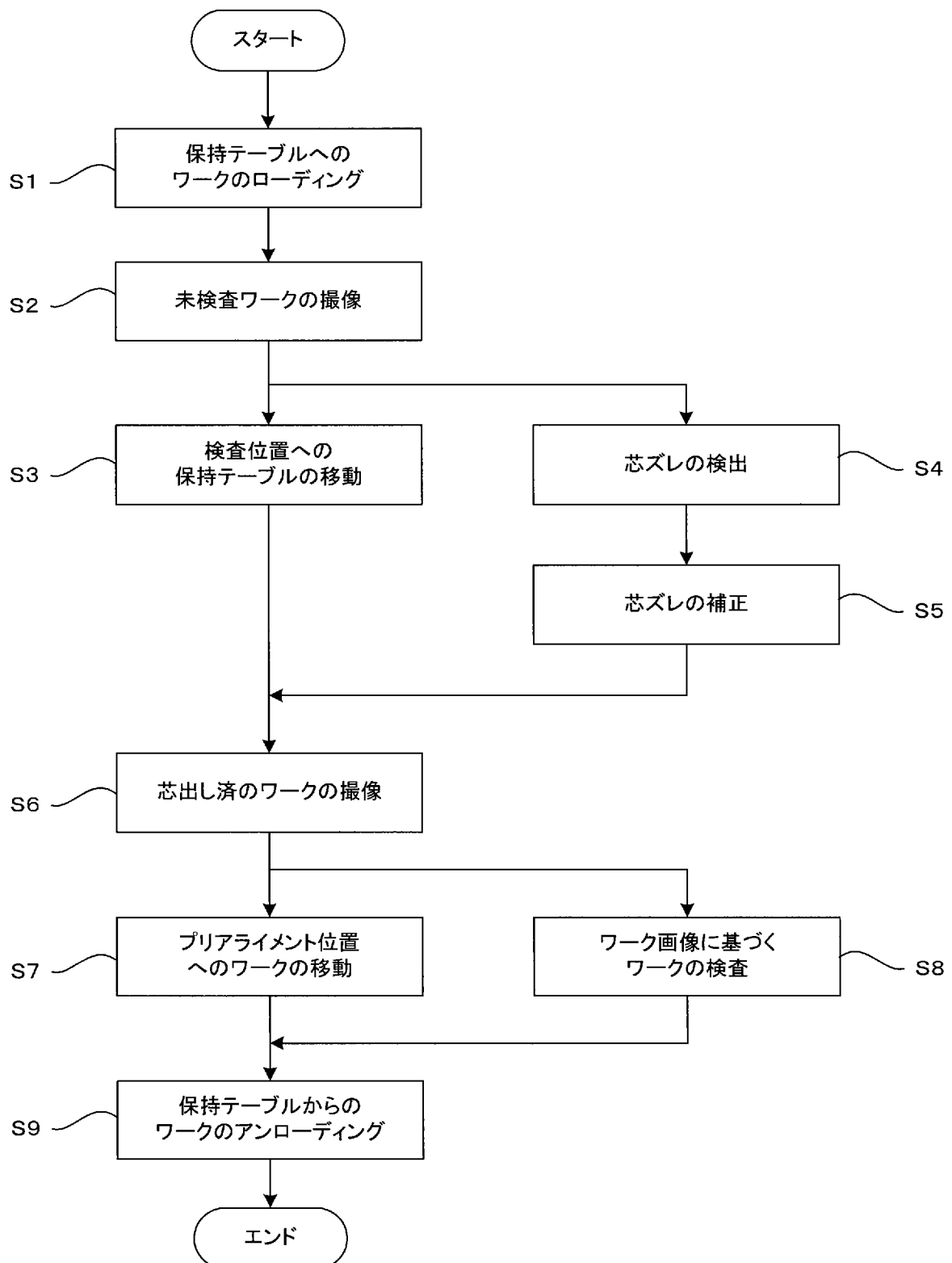
[図6]



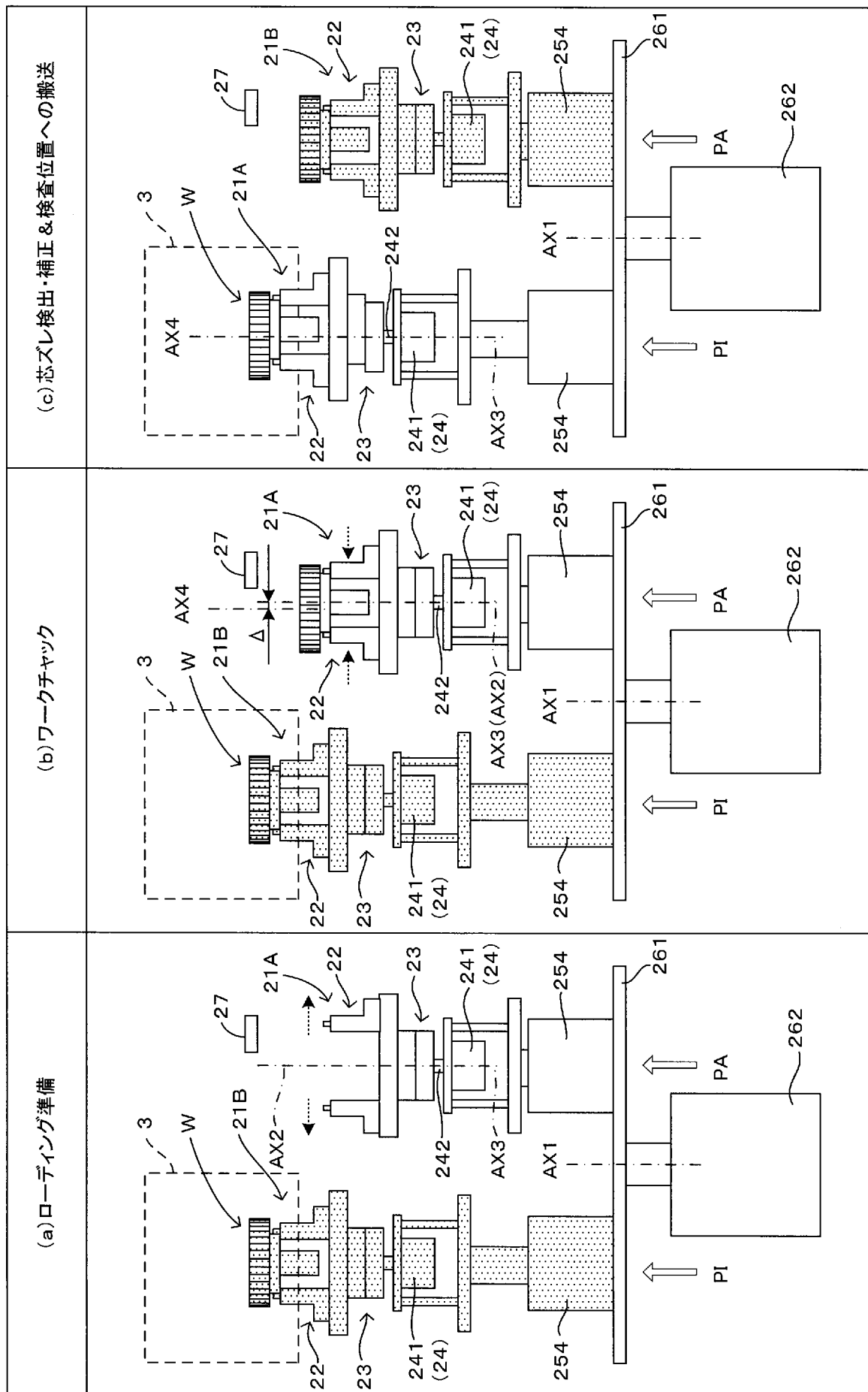
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/040736

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01N21/95 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-65749 A (HITACHI METALS, LTD.) 03 March 2000, paragraphs [0010]-[0012], [0018], fig. 4-5, (Family: none)	1-3, 11
Y		4-10
Y	DE 19718494 A1 (GERHARD, Goch) 05 November 1998, column 3, lines 38-60, line 60, fig. 1, 4-5, (Family: none)	4-10
Y	JP 2003-302348 A (NAT PRINTING BUREAU) 24 October 2003, paragraphs [0040]-[0042], fig. 6, (Family: none)	5-10
A	JP 5-157705 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 25 June 1993, (Family: none)	1-11
A	JP 1-233306 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 19 September 1989, (Family: none)	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07.12.2017

Date of mailing of the international search report

19.12.2017

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/040736

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 56-16802 A (SETSUTSU TORASUTO KK) 18 February 1981, & US 4373804 A & GB 2051514 A & DE 3016361 A	1-11
A	JP 2012-2548 A (FUJIFILM CORP.) 05 January 2012, & US 2011/0304856 A1 & EP 2395317 A1	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N21/95(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2000-65749 A（日立金属株式会社） 2000.03.03, 段落 [0010] - [0012], [0018], 図 4-5	1-3, 11
Y	（ファミリーなし）	4-10
Y	DE 19718494 A1（GERHARD, Goch） 1998.11.05, 第3欄第38行-同欄第60行, FIGS. 1, 4-5 （ファミリーなし）	4-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.12.2017

国際調査報告の発送日

19.12.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

蔵田 真彦

2W

3602

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-302348 A (独立行政法人 国立印刷局) 2003.10.24, 段落 [0040] - [0042], 図 6 (ファミリーなし)	5-10
A	JP 5-157705 A (石川島播磨重工業株式会社) 1993.06.25 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 1-233306 A (トヨタ自動車株式会社) 1989.09.19 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 56-16802 A (株式会社セツツ・トラスト) 1981.02.18 & US 4373804 A & GB 2051514 A & DE 3016361 A	1-11
A	JP 2012-2548 A (富士フイルム株式会社) 2012.01.05 & US 2011/0304856 A1 & EP 2395317 A1	1-11